Grupo de Estudos em
Tecnologia de Soldagem - GETSOLDA

PROCESSOS DE SOLDAGEM

MÓDULO: ELETRODO REVESTIDO

Realização: **Apoio**

Índice

APOSTILA SOBRE O PROCESSO DE SOLDAGEM ELETRODO REVESTIDO - 2007

V. 1
1. ed.

Processo De Soldagem Eletrodo Revestido
Universidade Federal do Pará
Get-Solda Grupo de estudos em tecnologia de soldagem
Prof. Dr. Eduardo Magalhães Braga (Dep.de Engenharia Mecânica – UFPA)
Editoração e diagramação
Luiz Paulo da Silva C. Junior (Aluno de Graduação Eng. Mecânica UFPA)
Revisão
Tárcio dos Santos Cabral (Aluno de Graduação Eng. Mecânica UFPA)

1- SEGURANÇA NA SOLDAGEM

Estas regras não devem ser consideradas como substitutos ou alternativas à legislação ou às normas vigentes, inclusive às normas internas dos usuários (empreas); ainda, elas completam, mas não substituem as informações contidas nos Manuais de Instruções específicos dos equipamentos de soldar ou cortar.
As regras de segurança são apresentadas para a proteção dos operadores e demais pessoal envolvido na instalação, utilização e manutenção de equipamentos de soldar, cortar ou goivar ao arco e plasma elétricos. Elas resumem informações e práticas adotadas na industria e são baseadas em literatura especializada de origem norte-americana.
Antes de se instalar, operar ou reparar um equipamento de soldar, é necessário ter lido, compreendido e adotado as regras aqui apresentadas. A não observância destas regras de segurança pode resultar em acidentes com danos pessoais eventualmente fatais, sob a inteira responsabilidade do Usuário.

UM TREINAMENTO ADEQUADO NA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE QUALQUER EQUIPAMENTO ELÉTRICO É ESSENCIAL PARA SE EVITAR ACIDENTES.

As regras de segurança ora apresentadas são divididasemtrês grupos principais:

1) Regras de segurança relativas ao local de trabalho;
2) Regras de segurança relativas ao pessoal;
3) Regras de segurança relativas ao equipamento;

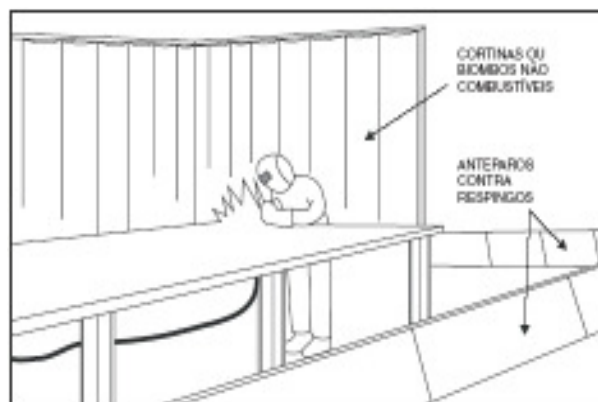
1) Regras de segurança relativas ao local de trabalho

1.1) Incêndios e explosões
O calor produzido por arcos elétricos e as suas irradiações, por escórias quentes e por faíscas podem ser causas de incêndios ou explosões. Conseqüentemente, toda área de soldagem ou corte deve ser equipada com sistema adequado de combate a incêndio e o pessoal de supervisão de área, operação ou manutenção do equipamento envolvido deve ser treinado no combate a incêndios.

Todo e qualquer trabalhador deve ser familiarizado com as seguintes medidas de prevenção e proteção contra incêndios:

Garantir a segurança da área de trabalho.
Sempre que possível, trabalhar em locais especialmente previstos para soldagem ou corte ao arco elétrico.

Eliminar possíveis causas de incêndios.
Locais onde se solde ou corte não devem conter líquidos inflamáveis (gasolina, tintas, solventes, etc), sólidos combustíveis (papel, materiais de embalagem, madeira, etc) ou gases inflamáveis (oxigênio, acetileno, hidrogênio, etc).

Instalar barreiras contra fogo e contra respingos
Quando as operações de soldagem ou corte não podem ser efetuadas em locais específicos e especialmente organizados, instalar biombos metálicos ou proteções não inflamáveis ou combustíveis para evitar que o calor, as fagulhas, os respingos ou as escórias possam atingir materiais inflamáveis.

Tomar cuidado com fendas e rachaduras
Fagulhas, escórias e respingos podem "voar" sobre longas distâncias. Eles podem provocar incêndios em locais não visíveis ao soldador. Procurar buracos ou rachaduras no piso, fendas em torno de tubulações e quaisquer aberturas que possam conter e ocultar algum material combustível.

Instalar equipamentos de combate a incêndios
Extintores apropriados, baldes de areia e outros dispositivos antiincêndio devem ficar a proximidade imediata da área de soldagem ou corte.

Sua especificação depende da quantidade e do tipo dos materiais combustíveis que possam se encontrar no local de trabalho.

Avaliar a necessidade de uma vigilância especial contra incêndios

Quando soldam ou cortam, os operadores, podem não se dar conta da existência de algum incêndio pois além da atenção exigida pelo próprio trabalho, eles ficam isolados do ambiente pela sua máscara de soldagem e os seus diversos equipamentos de proteção individual. De acordo com as condições do local de trabalho, a presença de uma pessoa especialmente destinada a tocar um alarme e iniciar o combate ao incêndio pode ser necessária.

Conhecer os procedimentos locais para casos de incêndios em soldagem ou corte

Alem dos procedimentos de segurança da Empresa e das normas ou legislação em vigor, é recomendado que sejam conhecidas as regras enunciadas na norma NFPA No. 51B da National Fire Protection Association (USA), "Fire Protection in Use of Cutting andWelding Processes".

Usar um procedimento de "Autorização de uso de área"

Antes de se iniciar uma operação de soldagem ou corte num local não especificamente previsto para esta finalidade, ele deve ser inspecionado por pessoa habilitada para a devida autorização de uso.

Nunca soldar, cortar ou realizar qualquer operação a quente numa peça que não tenha sido adequadamente limpa

Substâncias depositadas na superfície das peças podem decompor-se sob a ação do calor e produzir vapores inflamáveis ou tóxicos.

Não soldar, cortar ou goivar em recipientes fechados ou que não tenham sido devidamente esvaziados e limpos internamente

Eles podem explodir se tiverem contido algum material combustível ou criar um ambiente asfixiante ou tóxico conforme o material que foi armazenado neles.

Proceder à inspeção da área de trabalho após ter-se completado a soldagem ou o corte

Apagar ou remover fagulhas ou pedaços de metal quente que, mais tarde, possam provocar algum incêndio.

1.2) Ventilação

O local de trabalho deve possuir ventilação adequada de forma a eliminar os gases, vapores e fumos usados e gerados pelos processos de soldagem e corte e que podem ser prejudiciais à saúde dos trabalhadores. Substâncias potencialmente nocivas podem existir em certos fluxos, revestimentos e metais de adição ou podem ser liberadas durante a soldagem ou o corte. Em muitos casos, a ventilação natural é suficiente, mas certas aplicações podem requerer uma ventilação forçada, cabines com coifas de exaustão, filtros de respiração ou máscaras com suprimento individual de ar. O tipo e a importância da ventilação dependem de cada aplicação específica, do tamanho do local de trabalho, do número de trabalhadores presentes e da natureza dos materiais trabalhados e de adição.

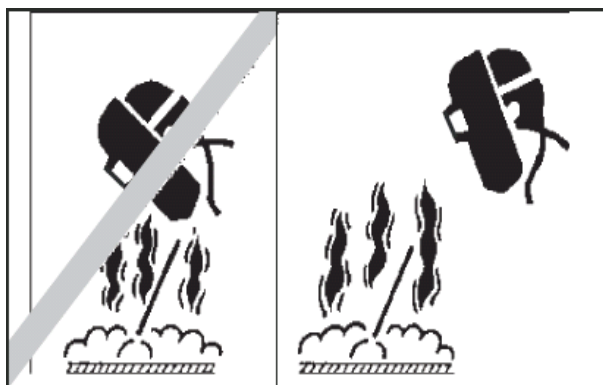
Locais tais como poços, tanques, sótões, etc devem ser considerados como áreas confinadas

A soldagem ou o corte em áreas confinadas requer procedimentos específicos de ventilação e trabalho, com o uso eventual de capacetes ou máscaras especiais.

Não soldar ou cortar peças sujas ou contaminadas por alguma substância desconhecida

Não se deve soldar, cortar ou realizar qualquer operação a quente numa peça que não tenha sido adequadamente limpa. Os produtos da decomposição destas substâncias pelo calor do arco podem produzir vapores inflamáveis ou tóxicos. Todos os fumos e gases desprendidos devem ser considerados como potencialmente nocivos. Remover toda e qualquer pintura ou revestimento de zinco de uma peça antes de soldá-la ou cortá-la.

O soldador ou operador deve sempre manter a cabeça fora da área de ocorrência dos fumos ou vapores gerados por um arco elétrico de forma a não respirá-los

O tipo e a quantidade de fumos e gases dependem do processo, do equipamento e dos consumíveis usados. Uma posição de soldagem pode reduzir a exposição do soldador aos fumos.

Nunca soldar perto de desengraxadores a vapor ou de peças que acabem de ser desengraxadas. A decomposição dos hidrocarbonetos clorados usados neste tipo de desengraxador pelo calor ou a irradiação do arco elétrico pode gerar fosgênio, um gás altamente tóxico, ou outros gases nocivos.

Metais tais como o aço galvanizado, o aço inoxidável, o cobre, ou que contenham **zinco**, **chumbo**, **berílio** ou **cádmio** nunca devem ser soldados ou cortados sem que se disponha de uma ventilação forçada eficiente. Nunca se deve inalar os vapores produzidos por estes materiais.

Uma atmosfera com menos de 18 % de oxigênio pode causar tonturas, perda de consciência e eventualmente morte, sem sinais prévios de aviso. Os gases de proteção usados em soldagem e corte são quer mais leves, quer mais pesados que o ar; certos deles (argônio, dióxido de carbono-CO, nitrogênio) podem deslocar o oxigênio do ar ambiente sem serem detectados pelos sentidos do homem.

O **hidrogênio** é um gás inflamável. Uma mistura deste gás com oxigênio ou ar numa área confinada explode se alguma faísca ocorrer. Ele é incolor, inodor e insípido. Ainda, sendo mais leve que o ar, ele pode acumular-se nas partes superiores de áreas confinadas e agir como gás asfixiante.

Alguma irritação nos olhos, no nariz ou na garganta durante a soldagem ou o corte pode ser indício de uma contaminação do local de trabalho e de uma ventilação inadequada. O trabalho deve ser interrompido, as condições do ambiente devem ser analisadas e as providências necessárias para melhorar a ventilação do local devem ser tomadas.

1.3) Cilindros de gás

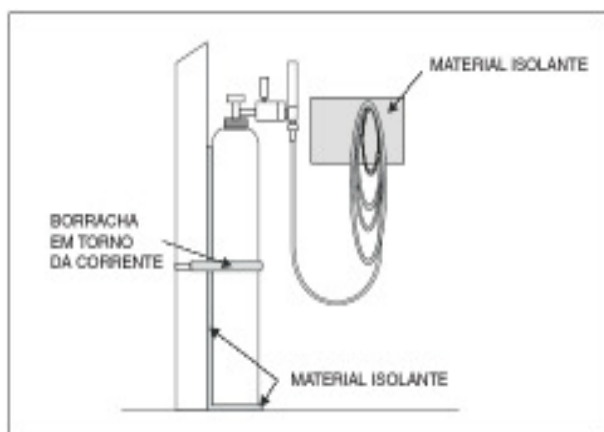
O manuseio inadequado dos cilindros dos gases usados em soldagem ou corte elétricos pode provocar a danificação ou ruptura da válvula de fechamento e a liberação repentina e violenta do gás que contêm com riscos de ferimento ou morte.

Observar as características físicas e químicas dos gases usados e seguir rigorosamente as regras de segurança específicas indicadas pelo fornecedor.

Somente usar gases reconhecidamente adequados ao processo de soldagem ou corte e à aplicação previstos.

Somente usar um regulador de pressão específico para o gás usado e de capacidade apropriada à aplicação. Nunca usar adaptadores de rosca entre um cilindro e o regulador de pressão.

Sempre conservar as mangueiras e conexões de gás em boas condições de trabalho. O circuito de gás deve estar isento de vazamentos.

Os cilindros de gás devem sempre ser mantidos em posição vertical. Eles devem ser firmemente fixados no seu carrinho de transporte ou nos seus suportes ou encostos (em paredes, postes, colunas, etc) por meio de correia ou de corrente isolada eletricamente.

Nunca conservar cilindros ou equipamento relativo a gases de proteção em áreas confinadas.

Nunca instalar um cilindro de gás de forma que ele possa, mesmo que acidentalmente, se tornar parte de um circuito elétrico. Em particular, nunca usar um cilindro de gás, mesmo que vazio, para abrir um arco elétrico.

Quando não estiverem em uso, cilindros de gás devem permanecer com sua válvula fechada, mesmo que estejam vazios. Devem sempre ser guardados com o seu capacete parafusado. O seu deslocamento ou transporte deve ser feito por meio de carrinhos apropriados e deve-se evitar que cilindros se choquem.

Sempre manter cilindros de gás distantes de chamas e de fontes de faíscas ou de calor (fornos,etc).

Ao abrir a válvula do cilindro,manter o rosto afastado do regulador de pressão/vazão.

2) Regras de segurança relativas ao pessoal

2.1) Choques elétricos

Choques elétricos podem ser fatais e devem ser evitados. Instalações elétricas defeituosas, aterramento ineficiente assim como operação ou manutenção incorretas de um equipamento elétrico são fontes comuns de choque elétricos.

Nunca tocar em partes eletricamente "vivas". A rede de alimentação elétrica, o cabo de entrada e os cabos de soldagem (se insuficientemente isolados), o porta-eletrodo, a pistola ou a tocha de soldar, os terminais de saída da máquina e a própria peça a ser soldada (se não adequadamente aterrada) são exemplos de partes eletricamente "vivas". A gravidade do choque elétrico depende do tipo de corrente envolvida (a corrente alternada é mais perigosa que a corrente contínua), do valor da tensão elétrica (quanto mais alta a tensão, maior o perigo) e das partes do corpo afetadas.As tensões em vazio das fontes de energia usadas em soldagem, corte ou goivagem podem provocar choques elétricos graves. Quando vários soldadores trabalham com arcos elétricos de diversas polaridades ou quando se usam várias máquinas de corrente alternada, as tensões em vazio das várias fontes de energia podem se somar; o valor resultante aumenta o risco de choque elétrico.

Instalar o equipamento de acordo com as instruções do Manual específico fornecido. Sempre usar cabos elétricos de bitola adequada às aplicações previstas e com a isolação em perfeito estado. Para o circuito de soldagem, respeitar a polaridade exigida pelo processo ou a aplicação.

Aterrar os equipamentos e seus acessórios a um ponto seguro de aterramento. A ligação da estrutura das máquinas a um ponto seguro de aterramento próximo do local de trabalho é condição básica para se evitar choques elétricos. Ainda e de acordo com a figura 10, a peça a ser soldada o terminal de saída correspondente na fonte de energia deve ser aterrada, **mas não ambos:** "aterramentos duplos" podem fazer com que a corrente de soldagem circule nos

condutores de aterramento, normalmente finos, e os queime.

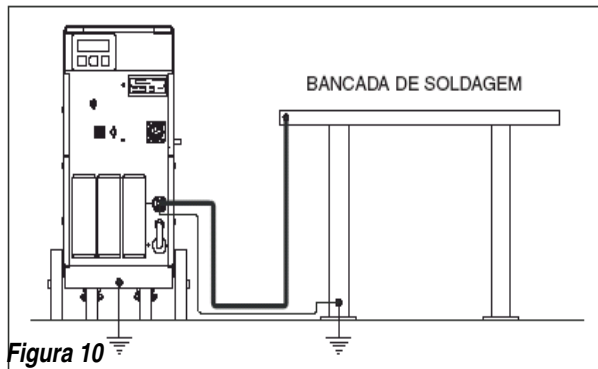



Figura 10

Garantir bons contatos elétricos na peça soldada e nos terminais de saída da máquina. Os terminais de saída, em particular aquele ao qual a peça soldada estiver ligada, devem ser mantidos em bom estado, sem partes quebradas ou isolação trincada. Nunca fazer contatos elétricos através de superfícies pintadas, notadamente na peça a ser soldada.

Assegurar-se de que todas as conexões elétricas estão bem apertadas, limpas e secas. Conexões elétricas defeituosas podem aquecer e, eventualmente, derreter. Elas podem ainda ser a causa de más soldas e provocar arcos ou faíscas perigosas. Não se deve permitir que água, graxa ou sujeira se acumule em plugues, soquetes, terminais ou elementos de um circuito elétrico.

Manter o local de trabalho limpo e seco. A umidade e a água são condutoras da eletricidade. Manter sempre o local de soldagem ou corte, os equipamentos e a roupa de trabalho secos. Eliminar de imediato todo e qualquer vazamento de água. Não deixar que mangueiras encostem em peças metálicas. Nunca ultrapassar os limites de pressão da água indicados nos Manuais de Instruções.

Usar roupa e equipamentos de proteção individual adequados, em bom estado, limpos e secos. Ver, ao lado, as regras específicas relativas à proteção corporal.

Ao soldar ou cortar, não usar quaisquer adornos, acessórios ou objetos corporais metálicos. Para soldar, cortar ou goivar, é recomendado retirar anéis, relógios, colares e outros itens metálicos. Contatos acidentais de tais objetos com algum circuito elétrico podem aquecê-los, derretê-los e provocar choques elétricos.

O soldador ou operador de uma máquina de soldar ou cortar deve trabalhar em cima de um estrado ou plataforma isolante.

2.2) Campos elétricos magnéticos

A corrente elétrica que circula num condutor provoca o aparecimento de campos elétricos e magnéticos. As correntes elétricas utilizadas em soldagem, corte ou goivagem criam tais campos em torno dos cabos de solda e dos equipamentos. Ademais certas máquinas de soldar geram e usam, para abrir o arco ou durante toda a operação de soldagem, um faiscamento do tipo “ruído branco” conhecido como “alta freqüência”. Conseqüentemente, pessoas portadoras de marca-passo devem consultar um médico antes de adentrar uma área de soldagem ou corte: os campos elétricos e magnéticos ou as irradiações podem interferir no funcionamento do marca-passo.

Para minimizar os efeitos dos campos gerados pelas correntes elétricas de soldagem e corte:

- Não se deve permanecer entre os dois cabos eletrodo e obra e sim, sempre manter ambos do mesmo lado do corpo.
- Os dois cabos de soldagem (eletrodo e obra) devem correr juntos e, sempre que possível, amarrados uma o outro.
- Na peça a ser soldada, conectar o cabo obra tão perto quanto possível da junta. Manter os cabos de soldagem e de alimentação do equipamento tão longe quanto possível do corpo.
- Nunca se deve enrolar cabos de soldagememtorno do corpo.

2.3) Regras específicas de segurança corporal

2.3.1) Regras para a proteção da visão

Os arcos elétricos de soldagem ou corte emitem raios ultravioletas e infravermelhos. Exposições de longa duração podem provocar queimaduras graves e dolorosas da pele e danos permanentes na vista.

Para soldar ou cortar, usar máscara com vidro ou dispositivo de opacidade adequado ao processo e à aplicação prevista. A tabela abaixo orienta quanto à opacidade recomendada para a proteção em função do processo e da faixa de corrente usados. Como regra geral, iniciar com uma opacidade alta demais para que se veja a zona do arco; reduzir então a opacidade que se tenha uma visão adequada da área de soldagem, sem problema para os olhos.

Processo	Corrente	Opacidade
Goivagem a Arco	até 500 A	12
	de 500 até 1.000 A	14
Plasmacorte	até 300 A	9
	de 300 até 400 A	12
	de 400 até 800 A	14
Soldagem a plasma	até 100 A	10
	de 100 até 400 A	12
	de 400 até 800 A	14
Soldagem com eletrodo revestido	até 160 A (até 4 mm)	10
	de 160 até 250 A (de 4 a 6 mm)	12
	de 250 A até 550 A (acima de 6 mm)	14
Soldagem MIG/MAG	de 60 até 160 A	11
	de 160 A até 250 A	12
	de 250 A até 500 A	14
Soldagem TIG	até 50 A	10
	de 50 até 150 A	12
	de 150 até 500 A	14

Usar óculos de segurança com protetores laterais. Quando se solda, corta ou goiva, quando se remove a escória de um cordão de solda ou quando se esmerilha alguma peça partículas metálicas, respingos e fagulhas podem atingir os olhos sob ângulos quaisquer de incidência. Nos processos semi-automáticos ou automáticos, pontas de arame podem ferir gravemente. Usar os óculos de segurança inclusive por baixo da máscara de soldar ou de qualquer protetor facial.

Qualquer pessoa dentro de uma área de soldagem ou corte, ou num raio de 20 m, deve estar adequadamente protegida. A irradiação de um arco elétrico tem grande alcance e partículas metálicas e respingos podem voar sobre distâncias relativamente grandes

2.3.2) Regras para proteção da pele

Devido à emissão de raios ultravioletas e infravermelhos, arcos elétricos queimam a pele da mesma maneira que o sol, porem muito mais rapidamente e com maior intensidade. Os operadores, e em particular aqueles sensíveis à exposição ao sol podem sofrer queimaduras na pele após breve exposição a um arco elétrico. Os respingos de solda e as fagulhas são outras fontes de queimaduras.

Seguir as recomendações abaixo para garantir uma proteção segura contra a irradiação de um arco elétrico e os respingos.

- **Não deixar nenhuma área de pele descoberta.** Não arregaçar as mangas da camisa ou do avental.
- **Usar roupa protetora resistente ao calor: gorro, jaqueta, avental, luvas e perneiras.** Roupa de algodão ou similares constitui uma proteção inadequada, pois além de ser inflamável, ela pode se deteriorar em função da exposição às radiações dos arcos elétricos.
- **Usar calçado de cano longo e estreito.** Não usar sapatos baixos e folgados nos quais respingos e fagulhas podem penetrar.
- **Usar calças sem bainha. Bainhas podem reter fagulhas e respingos.** As pernas das calças devem descer por cima das botas ou dos sapatos para evitar a entrada de respingos.
- **Sempre usar roupa, inclusive de proteção, limpa.** Manchas de óleo ou graxa ou sujeira em excesso podem inflamar-se devido ao calor do arco.

- **Manter os bolsos,mangas e colarinhos abotoados.** Fagulhas e respingos podem penetrar por tais aberturas e queimar pelos e/ou pele. Os bolsos não devem conter objetos ou produtos combustíveis tais como fósforos ou isqueiros.
- **Todas as regras acima aplicam-se integralmente às manutenções preventiva e corretiva dos equipamentos.** Manutenções ou reparações somente devem ser feitas por elementos habilitados devidamente protegidos e isolados do ponto de vista elétrico; somente usar ferramentas isoladas, específicas para eletricidade. Proceder à reparação de máquinas elétricas em local apropriado e devidamente isolado.

2.3.3) Regras para a proteção da audição

Usar protetores de ouvido. Certas operações de soldagem, corte ou goivagem produzem ruídos de intensidade elevada e, eventualmente, longa duração. Protetores de ouvido adequados, além de protegerem contra estes ruídos excessivos, impedem que respingos e fagulhas entrem nos ouvidos.

3) Regras de segurança relativas aos equipamentos

Sempre instalar e operar um equipamento de soldar ou cortar de acordo com a orientação do seu Manual de Instruções. Alem da proteção ao pessoal de operação e manutenção, o aterramento constitui uma proteção fundamental dos equipamentos.

Sempre ligar uma máquina de soldar ou cortar à sua linha de alimentação através de uma chave de parede. Esta chave deve ter fusíveis ou disjuntor de capacidade adequada e poder ser trancada. Instalar um plugue na extremidade do cabo de entrada da máquina. Se for necessário fazer manutenção da máquina no local de trabalho, colocar uma etiqueta de aviso na chave geral para evitar que ela venha a ser usada.

Sempre instalar e operar uma máquina de soldar ou cortar de acordo com as orientações contidas no Manual de Instruções. Além da proteção ao pessoal de operação e manutenção, o aterramento constitui uma proteção fundamental dos equipamentos.

Operar os equipamentos estritamente dentro das características anunciadas pelo fabricante. Nunca sobrecarregá-los.

Nunca usar uma máquina de soldar ou cortar com parte do seu gabinete removida ou mesmo aberta. Além de tal situação ser potencialmente perigosa para o soldador ou operador, a falta de refrigeração pode resultar em danos a componentes internos.

Nunca operar equipamentos defeituosos. Conservá-los em perfeito estado de funcionamento, procedendo à manutenção preventiva periódica recomendada pelo fabricante e à manutenção corretiva sempre que necessário. Em particular, todos os dispositivos de segurança incorporados a ume quipamento devem ser mantidos em boas condições de trabalho.

Sempre manter um equipamento de soldar ou cortar afastado de fontes externas de calor (fornos, por exemplo).

Máquinas de soldar ou cortar não devem ser utilizados em locais alagados ou poças de água. Salvo quando projetados especialmente ou adequadamente protegidos (a critério do fabricante), máquinas de soldar ou cortar não devem ser operadas em ambientes corrosivos ou que tenham matérias oleosas em suspensão, ou nas intempéries.

Depois de usar um equipamento de soldar ou cortar, sempre desligá-lo e isolá-lo da sua linha de alimentação.

PROCEDIMENTOS DE PRONTO SOCORRO E EMERGÊNCIA

O pronto socorro consiste em um tratamento provisório aplicado em caso de acidente ou doença. Um socorro imediato (dentro de quatro minutos) e adequado pode ser a diferença entre uma recuperação completa, uma invalidez permanente ou a morte.

Inalação de gases

Trabalhadores com sintomas de exposição a fumos e gases devem ser levados para uma área não contaminada e inalar ar fresco ou oxigênio. Caso a vítima esteja inconsciente, quem prestar socorro deve eliminar os gases venenosos ou asfixiantes da área ou usar equipamento apropriado de respiração an-

tes de adentrá-la. Remover a vítima para uma área não contaminada e chamar um médico. Administrar oxigênio por meio de uma máscara se a vítima estiver respirando. Caso contrário, praticar a reanimação cardiopulmonar, de preferência com administração simultânea de oxigênio. Conservar a vítima aquecida e imobilizada.

Olhos afetados
Caso a vítima use lentes de contato, removê-las. Irrigar os olhos com grande quantidade de água por 15 min. Ocasionalmente, levantar as pálpebras para assegurar uma irrigação completa. Aplicar um curativo protetor seco. Chamar um médico. Requerer assistência médica para remover ciscos ou poeira.
Em caso de ferimento por irradiação de arco elétrico, aplicar repetidamente compressas frias (de preferência geladas) durante 5 a 10 min. Aplicar um curativo protetor seco. Chamar um médico. Não esfregar os olhos. Não usar gotas ou colírio salvo se receitados por um médico.

Irritação da pele
Para os casos de contato da pele com produtos irritantes, molhar as regiões afetadas com grandes quantidades de água e depois, lavar com água e sabão. Retirar a roupa contaminada. Se as mucosas estiverem irritadas, molhar com água. Lavar cortes e arranhões com água e sabão neutro. Aplicar um curativo seco e esterilizado.

Queimaduras
Para queimaduras por calor, aplicar água fria numa bolsa de borracha ou similar. Se a pele não estiver rompida, imergir a parte queimada em água fria limpa ou aplicar gelo limpo para aliviar a dor. Não furar bolhas.Enfaixar sem apertar com faixa seca e limpa. Chamar um médico.

Choques elétricos
Quem prestar socorro deve primeiramente proteger a si mesmo com materiais isolantes tais como luvas. Desligar o equipamento para eliminar o contato elétrico com a vítima. Usar equipamento ou objetos isolantes se a pessoa que prestar socorro tiver que tocar a vítima para retirá-la. Se a vítima não estiver respirando, praticar reanimação cardiopulmonar assim que o contato elétrico for removido. Chamar um médico. Continuar com a ressuscitação cardiopulmonar até que a respiração espontânea tenha sido restaurada ou até que o médico tenha chegado. Administrar oxigênio. Manter a vítima aquecida.

Queimaduras por eletricidade
Tratar queimaduras por eletricidade como queimaduras por calor. Aplicar compressas frias ou geladas. Cobrir as feridas com curativo seco limpo. Chamar um médico.

NORMAS BRASILEIRAS RELATIVAS À SEGURANÇA DO TRABALHO (lista não exaustiva)

Cor na segurança do trabalho -NBR7195 (1982)

Classificação dos equipamentos elétricos e eletrônicos quanto à proteção contra os choques elétricos - NBR6151 (1990)

Estabelecimento de segurança aos efeitos da corrente elétrica percorrendo o corpo humano - NBR6533 (1981)

Cabos flexíveis com cobertura para máquinas de soldar a arco -NBR8762 (1985)

Sistemas de proteção por extintores de incêndio - NBR12693 (1993)

Execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio -NBR9441 (1986)

Prevenção de acidentes em espaço confinado - NBR12246 (1992)

Níveis de ruído para conforto acústico -NBR10152 (1987)

Identificação de gases em cilindros -NBR12176 (1992)

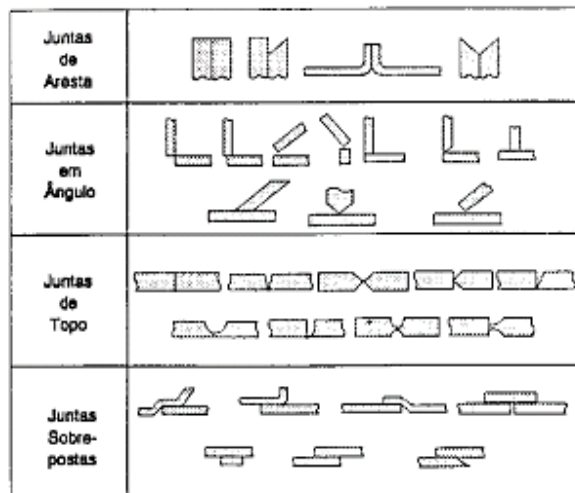
Segurança de instalações de ar comprimido -NB 222 (1971)

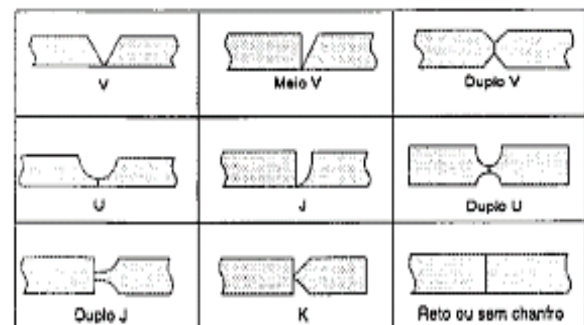
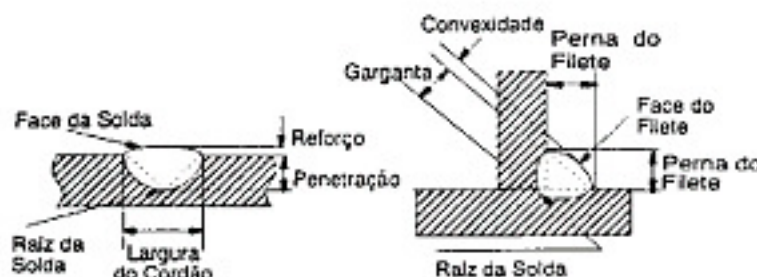
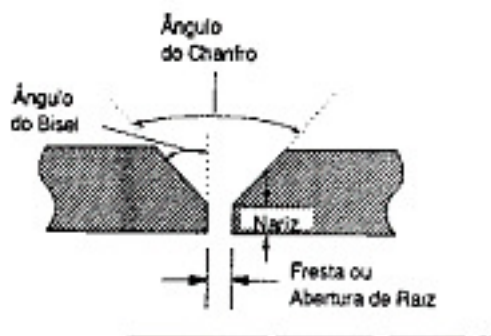
Capacete de segurança para uso na indústria - NBR8221 (1983)

Luvas de segurança -NB 122 (1966)

Calçado de proteção -NBR12561 (1992)

2- TERMINOLOGIA DE SOLDAGEM

A terminologia de soldagem é bastante extensa e muitas vezes os termos técnicos que utilizamos em uma região geográfica não são aplicáveis em outras. O próprio nome soldagem é adotado no Brasil, enquanto em Portugal o nome mais utilizado é soldadura; vamos indicar alguns termos mais importantes utilizados.

O primeiro termo a ser definido é junta – junta é a região onde duas ou mais partes da peça são unidas pela operação de soldagem. Na figura ao lado podemos ver alguns tipos de juntas mais comuns.

Para conseguirmos executar as soldas, na maioria das vezes precisamos preparar aberturas ou sulcos na superfície das peças que serão unidas – estas aberturas recebem o nome de chanfro. O chanfro é projetado em função da espessura da peça, do material, do processo de soldagem a ser adotado, das dimensões da peça e da facilidade de acesso à região de solda; abaixo vemos alguns dos tipos de chanfros mais comuns em matéria de soldagem.

Abaixo vemos algumas das características dimensionais dos chanfros e das soldas de topo e filete.

A solda em si também possui diferentes seções e cada uma recebe um determinado nome. A zona fundida de uma solda é constituída pelo metal de solda, que normalmente é uma mistura do metal base (material da peça) e do metal de adição (metal adicionado na região de solda). Ao lado do cordão temos uma região que tem sua estrutura e propriedades afetadas pelo calor e que denominamos zona termicamente afetada. Eventualmente podemos utilizar um suporte na parte inferior da solda, que ajuda a conter o material fundido na operação de soldagem e que pode ou não ser removido após o término da solda, chamado de mata-junta ou de cobre-junta.

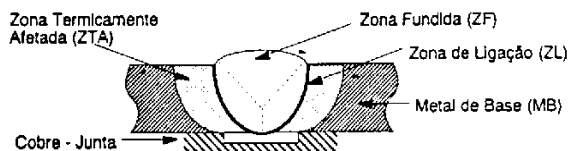



Figura 4 : Esquema da zona termicamente afetada.

A posição da peça e do eixo da solda determina a posição de soldagem; a seguir vemos as diversas posições normalmente utilizadas. Observar que existem limites de ângulos para cada posição e que muitas vezes não se consegue saber com exatidão a posição de soldagem exata que foi utilizada.

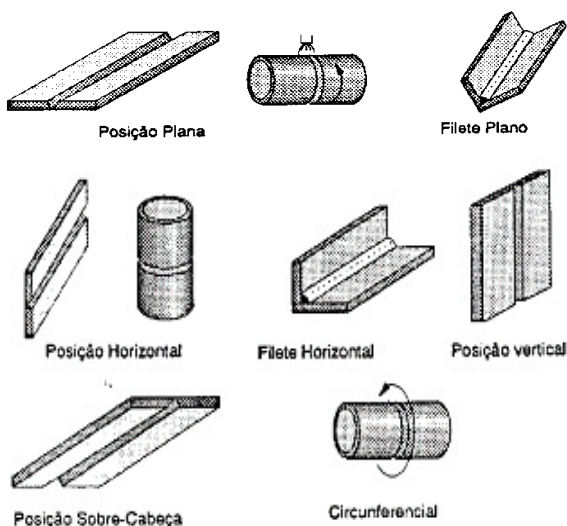
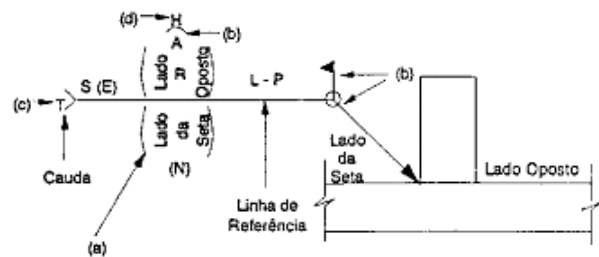



Figura 5 : Posições de soldagem.

3- SIMBOLOGIA DE SOLDAGEM

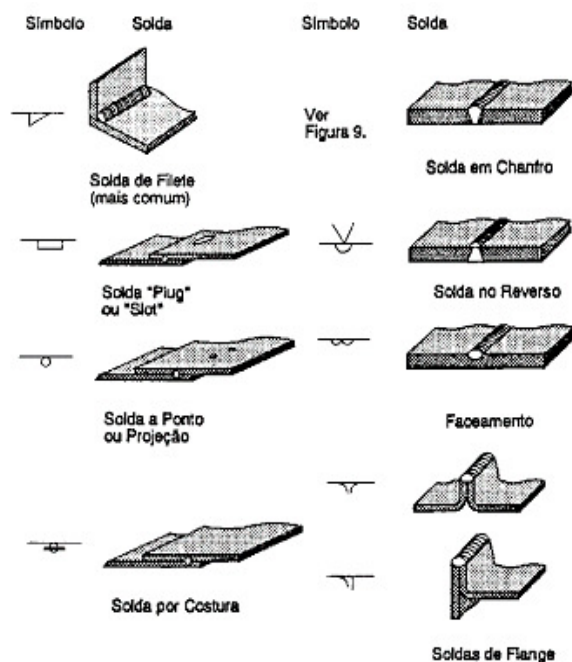
Em soldagem utilizamos uma série de números, sinais e símbolos que representam a forma do cordão de solda, processo utilizado, dimensões, acabamento, tipos de chanfro, etc.., os quais permitem maior rapidez na confecção de projetos e evitam erros de interpretação.

Conforme AWS A 2.4–86 temos:

LOCALIZAÇÃO DOS ELEMENTOS DE SOLDAGEM

a) Símbolo básico de soldagem
b) Símbolos suplementares
c) Procedimento, processo ou referência
d) Símbolo de acabamento

A, E, L, N, P, R, S – Números que representam dimensões e outros dados

A – ângulo do chanfro
E – garganta efetiva
L – comprimento da solda
N – número de soldas por projeção ou por pontos
P – distância centro a centro de soldas intermitentes
R – abertura de raiz
S – tamanho da solda

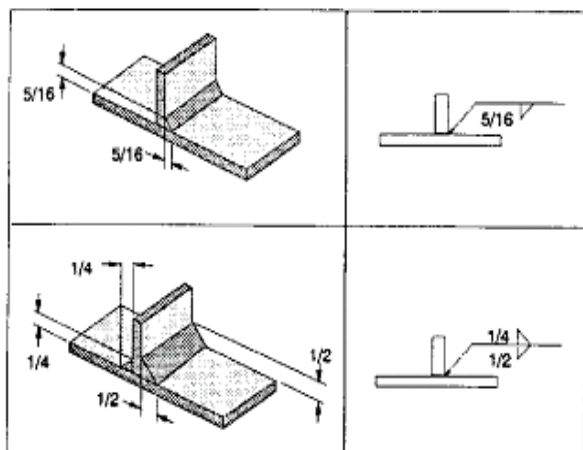
Abaixo temos os tipos básicos de solda e seus símbolos:

Cada símbolo básico é uma representação esquemática da seção transversal da solda em referência. Quando o símbolo básico é colocado sob a linha de referência, a solda tem que ser feita do mesmo lado em que se encontra a seta; caso contrário, a solda deve ser executada do lado oposto da seta. Mais de um símbolo básico pode ser utilizado de um ou dos dois lados da linha de referência.

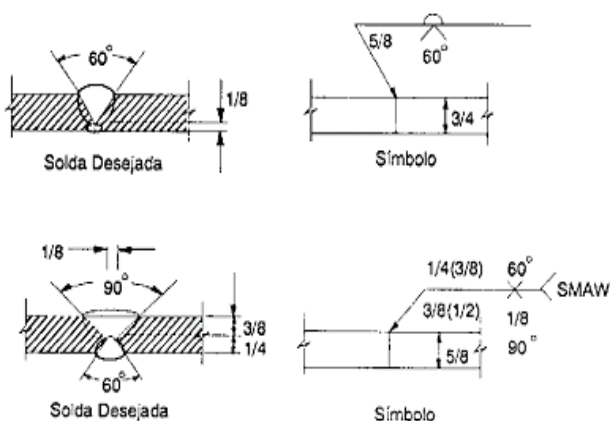
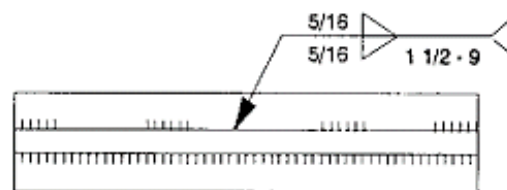
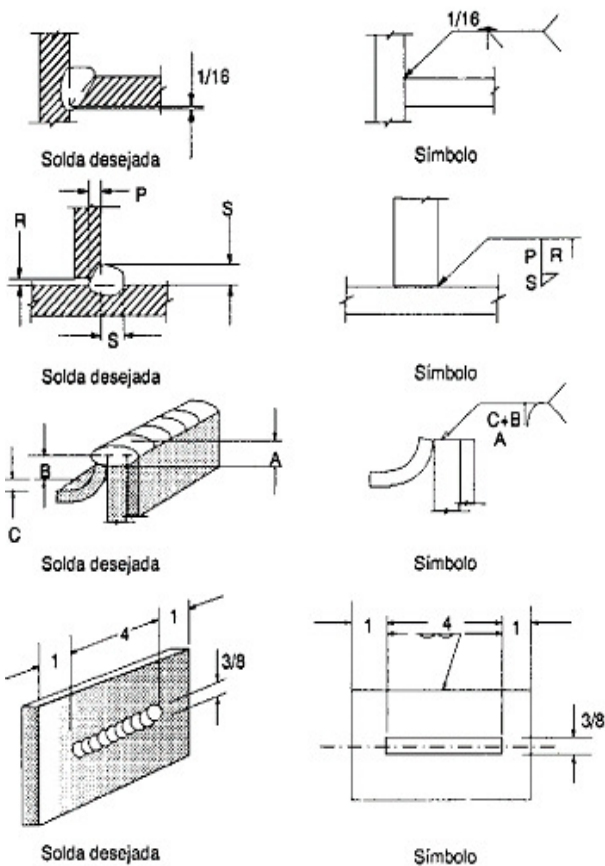
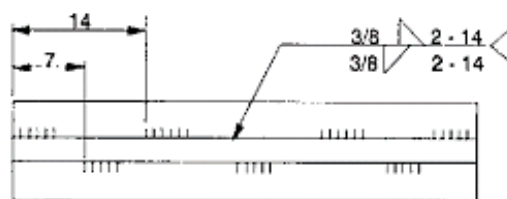
Vários números que correspondem às dimensões ou outros dados da solda são colocados em posições específicas em relação ao símbolo básico. O tamanho da solda e/ou garganta efetiva são colocados à esquerda do símbolo. Em soldas em chanfro, se esses números não forem colocados, deve-se subtender que a penetração da solda deve ser total. A abertura da raiz ou a profundidade de solda do tipo "plug" ou "slot" é colocada diretamente dentro do símbolo básico da solda. À direita do símbolo podem ser colocados o comprimento da solda e a distância entre os centros dos cordões, no caso de soldas intermitentes.

Os símbolos suplementares são usados em posições específicas do símbolo de soldagem quando necessários; existem ainda os símbolos de acabamento, que indicam o método de acabamento da superfície da solda. Estes símbolos são:

C – rebarbamento
G –esmerilhamento
M – usinagem
R – laminação
H – martelamento

Símbolos suplementares de soldagem

Exemplos de soldas de filete e simbologia

Exemplos de símbolos de soldas em chanfros

Vários tipos de solda e seus símbolos

Exemplos de solda de filete intermitente

(a) Filete intermitente e Filete contínuo

(b) Filetes intermitentes alternados

4- ELETRODO REVESTIDO (SMAW)

Arco Elétrico - Eletrodo Revestido (SMAW) é um dos mais versáteis processos de união da indústria e é extensivamente usado no mundo inteiro. Na Índia aproximadamente 10% da soldagem fabricada é feita por este processo e mesmo nos países mais avançados como Rússia, Estados Unidos, Japão e Europa Ocidental conta com aproximadamente 60% do metal depositado por este processo. Seu uso está decrescendo vagarosamente mas é esperado permanecer indispensável para reparos e pequenos trabalhos . Uma de suas características atrativas é seu baixo custo inicial para uma instalação na indústria. Máquinas de solda para SMAW estão disponíveis e podem ser ligadas imediatamente se necessário em cabeamento doméstica monofásica, daí sua popularidade mesmo para pequenos fabricantes.

4.1. Equipamento

O maior equipamento para SMAW é a máquina de solda que pode ser um transformador de tensão, um retificador de Corrente Contínua, ou um grupo motor gerador. A seleção do equipamento depende da provisão para investimento inicial e da faixa de materiais a serem manipulados. O tamanho e tipos de eletrodos que são usados e a penetração e a velocidade de soldagem utilizadas determinam o suprimento necessário para o fornecimento de corrente. As máquinas de soldagem empregadas para SMAW são quase invariavelmente do tipo C.C. já que elas servem ao melhor propósito em manter o arco elétrico não perturbado mesmo quando a mão do soldador é inadvertidamente perturbada temporariamente.

Dos três tipos básicos de máquinas de soldagem cada uma tem suas vantagens. A máquina de solda de C.C., é muito versátil na soldagem de uma variedade de metais em qualquer espessura desejada. Ela permite uma operação portátil e usa de maneira eficiente uma grande variedade de eletrodos revestidos. O transformador de soldagem tem o custo inicial mais baixo bem como o mais baixo custo de operação e manutenção. Ela não tem partes móveis portanto sua operação é silenciosa. A máquina de solda retificadora C.C. tem um projeto simples e combina as vantagens de um transformador de soldagem e de um conjunto de soldagem C.C (retificador).

4.1.1. Acessórios dos Equipamentos

Os acessórios para os equipamentos para máquinas de solda incluem cabos, conectores, alicates, cabos terra. Os cabos que transportam a corrente no circuito de soldagem são bastante flexíveis e são feitos geralmente de cobre e alumínio. Esses fios são muito finos (0,2 mm de diâmetro) e para constituir os cabo estes fios enrolados entre 800 e 2500 fios dependendo da capacidade de transporte de corrente do cabo. Cabos de alumínio são mais leves e pesam somente um terço dos cabos de cobre, mas sua capacidade de transporte de corrente é menor sendo cerca de 60% em relação aos cabos de cobre.

Os conectores de cabos são usados para aumentar o comprimento dos terminais de soldagem devem ter o tamanho adequado para transportar a corrente desejada e devem se ajustar perfeitamente para evitar queda de tensão. Algumas vezes a solda fraca (*Soldering)* ou a soldagem forte (*Brazing*), ou mesmo soldagem comum são usadas para conectar os cabos, mas os conectores mecânicos são os mais populares pois eles podem ser montados ou desmontados.

O alicate é geralmente encaixado no cabo de solda e o tamanho do cabo depende
da corrente necessária a ser transportada no circuito de soldagem. Usualmente alicates são especificados dependendo da corrente que eles devem transportar; tendo um intervalo de 150 a 500 A. Os alicates populares têm ranhuras nas garras que facilitam a fixação do eletrodo em diferentes ângulos para uma fácil manipulação.

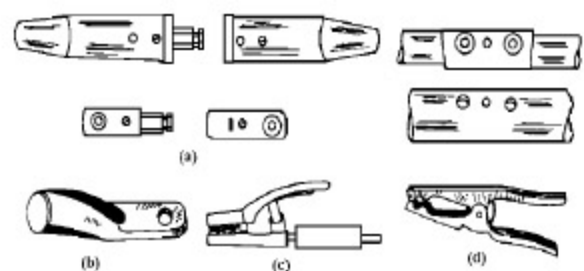



Figura 4.1:Acessórios para SMAW, a) Conectores para cabo, b) Alça para cabo, c) Alicate, d) Grampo de fixação.

O grampo fio terra é usado para conectar o outro terminal do circuito de soldagem, as vezes parece com um alicate, mas geralmente é como um grampo C, mas com seção espessa para evitar superaquecimento. Ocasionalmente o grampo terra é ajustado à mesa de trabalho para evitar centelhamento. Entretanto ele é geralmente preso de uma forma que você possa afrouxá-lo para facilitar o seu desmonte. A figura 1 mostra os diferentes acessórios descritos acima.

4.1.2. Acessórios para Operação de soldagem

Os acessórios essenciais do operador incluem martelo de picar, escova de aço e máscara de soldagem para proteger o rosto. O martelo de picar tem de um lado a forma de uma talhadeira e de outro lado pontiagudo para facilitar a remoção da escória. A escova de aço é usada para remover a escória presa firmemente dos lados dos cordões de solda. Ela é geralmente feita de peças de arame de aço duro embutidas num bloco de madeira. A máscara de soldagem é um acessório indispensável para a soldagem continua e bem sucedida. Ela não só protege os olhos do operador da alta intensidade luminosa do arco elétrico, mas também protege a face dos efeitos danosos dos raios infravermelhos e ultravioleta que são emitidos pelo arco de soldagem. A máscara de soldagem pode ser segura pela mão ou presa à cabeça e pode ser ajustada para cima da cabeça quando for necessário. A cobertura é projetada para cobrir a face inteira e a garganta. A mascara tem uma janela de tamanho 12 x 5 cm que fica diretamente em frente aos olhos durante a operação de soldagem. Na janela é montado um vidro escuro de proteção capaz de filtrar 99,5% da radiação danosa do arco elétrico. A seleção apropriada do vidro de proteção é essencial e está baseada no processo e no material a ser soldado. Para a SMAW os números dos vidros de proteção mais populares são de 9 a 11 embora vidros de até 14 podem ser usados com freqüência.

Figura 4.2: Acessórios do operador para SMAW.

Mesmo com o uso da máscara de solda um soldador pode ficar com dor na vista se ele soldar continuamente por longos período, digamos de 6 a 10 horas. A figura 2 mostra os diferentes acessórios necessários para o soldador no SMAW.

4.3. Circuito de Soldagem

Um circuito elétrico genérico para SMAW está mostrado na figura 3.

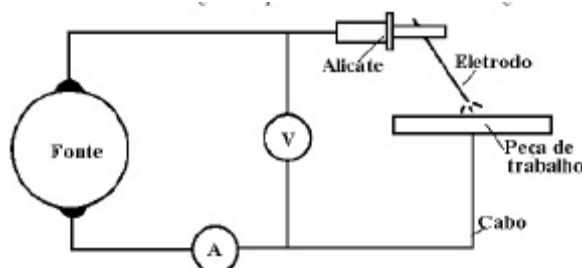



Figura 4.3: Diagrama do circuito para SMAW.

4.4. Operação em SMAW

Uma vez que as conexões elétricas estão feitas e o eletrodo revestido está preso no alicate e o sistema está pronto para operar. Os únicos ajustes necessários antes de iniciar o arco são os valores de tensão de circuito aberto (TCA) e a corrente de soldagem. Num transformador de soldagem usualmente duas colocações para TCA são feitas e são de 80 e 100 volts. Um retificador ou um gerador de soldagem a TCA pode variar numa faixa em degraus de 3 a 6 volts que não precisam necessariamente serem regulares. A colocação da TCA para uma fonte CC é usualmente 10 a 20% menor que para um transformador de solda da mesma faixa de corrente. A TCA é selecionada dependendo do tipo de revestimento utilizado. Os valores de corrente estão usualmente disponíveis em degraus de 5 a 10 A e necessitam ser ajustados dependendo do diâmetro da alma do eletrodo. A tabela 4.1 dá a faixa de ajuste da corrente para diferentes diâmetros de eletrodo revestido usado para soldagem em aços de baixo carbono.

TABELA 4.1: Fonte de corrente para eletrodo revestido para aço doce do tipo rutílico.

Diâmetro do eletrodo (mm)	Escala de corrente (A)
2.0	**40- 70**
2.5	**60-100**
3.15	**90-140**
4.0	**140-200**
5.0	**160-220**
6-3	**240-320**

Depois de ajustar a TCA e a corrente de soldagem a outra medida necessária é prever a proteção aos olhos antes de iniciar o arco no começo da soldagem.

4.4.1. Inicializando o Arco Elétrico

Para iniciar um arco é necessário ionizar um pequeno ponto onde a soldagem está prestes a começar. Isto é particularmente verdade quando o material de base e o eletrodo estão frios.

Dois métodos são normalmente utilizados para riscar um arco em SMAW. Estes são conhecidos como métodos "tocar e retirar" e "arrastar". No método "tocar e retirar", o eletrodo toca o material base no ponto desejado e é rapidamente retirado para uma distância de 3 a 4 mm. Qualquer atraso de tempo causará um curto circuito causando fusão entre o eletrodo e o material base, isso geralmente acontece com os novatos. Não é possível riscar um arco na primeira tentativa e portanto o procedimento pode ser repetido duas, três ou mais vezes para iniciar um arco satisfatoriamente.

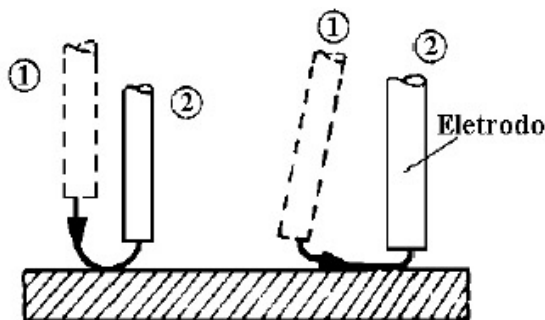



Figura 4.10: Método de abrir um arco em SMAW.

No caso do método de "arraste" para iniciar um arco, o eletrodo é riscado contra a peça de trabalho num ponto desejado e isto ajuda na ionização de um pequeno volume de espaço em volta do ponto e também alguns vapores de metal são liberados. Estas condições ajudam na abertura do arco, mas é mais fácil e geralmente adotado pelos novatos, enquanto que o método de "tocar e retirar" dá uma partida de solda limpa e é preferido pelos soldadores mais experientes. Ambos os métodos de iniciação do arco são mostrados na figura 4.10 .

Tendo iniciado um arco estável para se conseguir uma boa soldagem SMAW é necessário controlar o comprimento de arco. Na soldagem SMAW os melhores resultados são conseguidos com comprimento de arco de 2 a 4 mm alternativamente ele pode ser determinado pela relação:

$$L = (0,5 - 1,1)\, d \qquad \text{(eq.4.1)}$$

Onde **L** é o comprimento do arco e **d** é o diâmetro do eletrodo.

Em SMAW são inevitáveis pequenos movimentos na mão do soldador e a conseqüente mudanças no comprimento do arco. Isto leva à mudança na taxa de fusão do eletrodo e portanto pode afetar a consistência do cordão de solda. Para evitar qualquer flutuação na taxa de fusão a máquina de soldagem que melhor se ajusta para este propósito é a de C.C..

Uma vez que um arco estável é estabelecido ele permanece estável até que o eletrodo esteja consumido ou o trabalho terminado. Entretanto em tempos o arco elétrico pode se extinguir devido a outras razões com interrupção de energia da fonte. Nestes casos o arco tem que ser reiniciado no ponto de interrupção ou em outro ponto no material base.

4.4.2. Reacendendo o Arco Elétrico

Reacender um arco com o eletrodo semi aquecido e com material base quente é comparativamente fácil já que a emissão eletrônica está facilitada pela alta temperatura do eletrodo / material de base. Antes de tentar reacender o arco é essencial retirar completamente a escória do cordão de solda perto da cratera usando o martelo de picar. O ponto deve então ser limpo com ajuda de uma escova de aço.

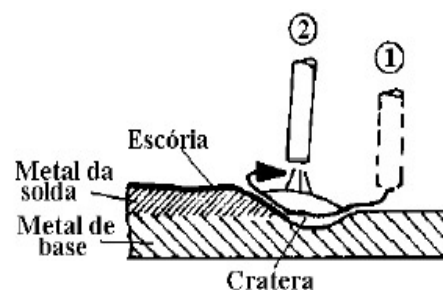



Figura 4.11: Reacendendo um arco interrompido.

O reacendimento do arco deve sempre ser tentado num ponto de 15 a 25 mm à frente da cratera e à frente do cordão de solda. Uma vez que um arco estável foi estabelecido ele é movido em direção à cratera da solda onde é mantido momentaneamente a encher a cratera e depois rapidamente se move na direção desejada para encontrar a solda como mostrado na figura 11 .

O reacendimento do arco na frente da cratera é feito para evitar aprisionamento de escória no metal de solda.

É geralmente observado que o cordão de solda se torna largo e alto no ponto de reabertura, e isto acontece devido a uma sobresoldagem da cratera. Isto deve ser evitado o tanto quanto possível, porque não é só má aparência mas também fonte de defeito de solda como aprisionamento de escória, porosidade e trincas.

5. Fusão do Metal e Penetração da Solda

Para fazer uma boa soldagem é essencial que uma fusão apropriada seja obtida entre o metal base e o depositado pelo eletrodo. Para se conseguir isto a superfície do material base deve ser completamente fundida de modo a formar uma cratera de arco de profundidade suficiente, de outra forma resultará uma cratera rasa. Neste último caso as gotas do metal vindas do eletrodo não estarão em condições de se fundir com o material base. Estas gotas, se depositadas no metal base, apenas assentarão na superfície sem qualquer fusão. A soldagem resultante será apenas uma camuflagem.

Para obter uma boa solda, a profundidade de penetração não pode ser menor que 1.5 a 2 mm. Em SMAW, dependendo da corrente de solda, a penetração usualmente varia entre 1.5 a 5 mm. Uma estimativa da penetração pode ser feita ao observar-se a profundidade da cratera. Se durante a soldagem o arco for repentinamente extinguido ele deixa para trás uma cratera de solda no material base que quando solidificada tem o mesmo tamanho que aquela durante a presença do arco. A penetração normalmente se estende de 1 a 2 mm abaixo da superfície da cratera.

A profundidade da penetração depende do calor adicionado no material base por unidade de tempo, e portanto depende da corrente de soldagem. Uma seção reta de uma chapa com vários cordões de solda depositados, com varias correntes podem mostrar a influência da corrente de soldagem na profundidade da penetração.

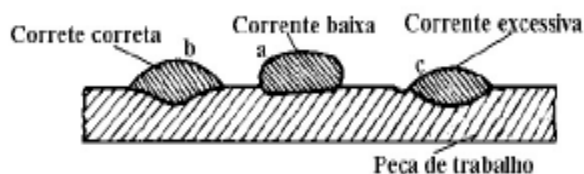



Figura 12 - Efeito da corrente de soldagem na penetração do cordão.

A figura 12 mostra a seção reta de três cordões de solda. O cordão A foi depositado com uma corrente muito baixa, o cordão B com uma corrente de soldagem apropriada e o cordão C com excesso de corrente. Devido à corrente de soldagem insuficiente na deposição do cordão A, surgiu falta de penetração; de fato o cordão dificilmente tem alguma dificuldade de penetração. O metal vindo do eletrodo apenas se fundiu na superfície do material base. As bordas da solda são redondas, caindo abruptamente no material base provendo um perfeito entalhe, portanto formando pontos de concentrações de tensão. Esse tipo de solda apresenta baixa resistência e um cordão como este pode se destacar completamente da superfície do material base com impacto de uma talhadeira.

A borda do cordão B imerge suavemente no material base. O material base foi apropriadamente fundido e uma mistura adequada do metal de solda do eletrodo e do material base dão uma boa penetração de configuração desejada.

O uso de uma corrente excessiva para depositar o cordão C resultou numa força excessiva no arco, a cratera não se encheu com o metal fundido do eletrodo. Isto resultou em mordedura nas bordas do cordão de solda que reduziu a espessura do material base e consequentemente reduziu a resistência da solda e também proveu pontos de concentração de tensão. Estes pontos são especialmente perigosos no caso de fadiga e carga de impacto.

Para controlar a penetração escolhemos uma corrente de soldagem de acordo com o diâmetro e tipo de eletrodo. Entretanto para soldagem plana para juntas de topo em aço baixo carbono a corrente de soldagem pode ser determinada grosseira-

mente através das seguintes relações:

$$I = (40 - 60).d \qquad (eq.4.2)$$

$$I = (20 + 6d).d \qquad (eq.4.3)$$

Onde I é a corrente de solda em ampères e d é o diâmetro do eletrodo em mm.

A corrente de soldagem necessária para o eletrodo com revestimento fino é mais baixa que aquelas para eletrodos com revestimento espesso. A corrente ótima para um dado eletrodo e material base pode ser achada por tentativa e erro, ao depositar-se um número de cordões, usando-se as equações 4.2 e 4.3 . A cratera do arco e a aparência do cordão podem prover uma referência adequada para o ajuste da corrente apropriada. Altas correntes são necessárias para seções espessas e tamanho de eletrodo grande para se obter a penetração desejada, devido às espessas seções agirem como eficientes sorvedouros de calor.
Primeiramente um tamanho de eletrodo para uma dada espessura de chapa deve ser escolhido e então combina-se com eles a corrente de soldagem. A tabela 2 dá a guia para escolha de diâmetros de eletrodos para soldagens em juntas de topo em chapas de aço.

TABELA 4.2: Seleção de diâmetros de eletrodo para juntas de topo em chapas de aço.

Espessura do Metal, mm	Diâmetro do Eletrodo, mm
0.5 - 1.5	1.5 - 3
1.5 - 3	2 - 3.15
3 - 5	3.15 - 4
5 - 8	4- 5
8 - 12	4-6.3
12 - 20 e acima	5 - 6.3

Em solda múltiplos passes, a primeira corrida deve ser feita com eletrodos não mais do que 2 a 3,15 mm de diâmetro. Para soldagem sobre cabeça vertical o eletrodo deve ter o diâmetro máximo de 4 mm. Eletrodos de 5 mm de diâmetro podem ser usados na soldagem plana particularmente nos cordões de enchimento e acabamento.
A despeito da alta taxa de produção encontrada em eletrodos de 6,3 mm de diâmetro não é recomendado usar esses eletrodos exceto para chapas longas e largas em soldagem plana, de outra forma a poça de fusão se torna muito grande, de difícil manipulação com pobre qualidade de solda como resultado.

4.6. Movimentação dos Eletrodos

A largura do cordão de solda formado sob condições normais de soldagem em SMAW está entre 1,5 a 2,5 vezes o diâmetro do eletrodo; com boa penetração e passagem suave do metal depositado na superfície do material base. Para conseguir isto o comprimento do arco é mantido tão curto quanto possível sem que o eletrodo cole no metal base dando ao eletrodo três tipos de movimentação simultaneamente. Uma movimentação alimentação (mergulho) contínua e uniforme do eletrodo em direção à poça de fusão, o segundo movimento é o avanço (translação) do arco ao longo da junta e o terceiro movimento é a oscilação lateral ou movimentação de tecimento através do arco. Todos esses três movimentos estão mostrados na figura 4.13.

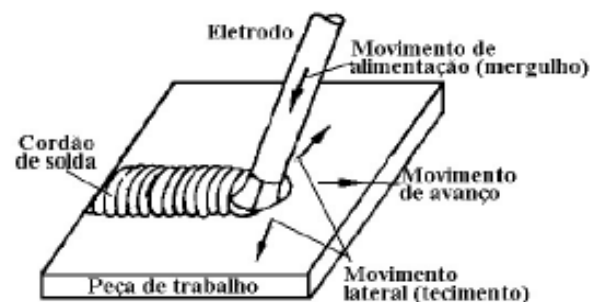



Figura 4.13: As três movimentações do eletrodo durante a soldagem.

Quando o arco avança sem oscilação (tecimento) lateral o comprimento do cordão é usualmente 1 a 2 mm a mais que o diâmetro do eletrodo. O cordão assim obtido é chamado de cordão filetado.
A movimentação trançada (tecimento) durante a solda é usado quando é necessário um cordão espalhado ou trançado. Cordões trançados são normalmente usados quando são feitas soldas de topo e de ângulo.
O trançamento (tecimento) pode ser feito em vários padrões dependendo do tipo de solda, da preparação da junta e da habilidade do soldador. A figura 4.14 mostra diferentes padrões de trançamento que são usados pelos soldadores para produzir boas soldas. As soldas mostradas na figura 4.14 (A e I) são as mais usadas em soldagens de topo.

Os padrões de trançamento para soldas de ângulo dados na figura 4.14 (D e G) são os mais apropriados.

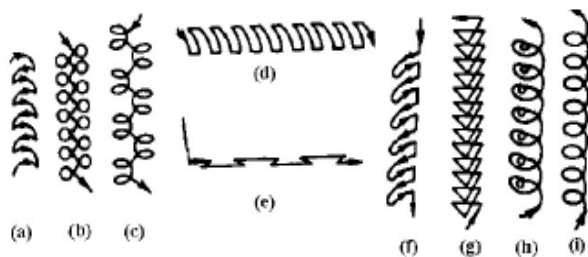



Figura 4.14: Padrões de movimentação de eletrodo.

Os padrões (a) e (e) são usados onde mais calor é necessário ser aplicado em ambos os lados da junta; o padrão (b) é particularmente adequado para chapa grossa. O padrão (f) é particularmente adequado quando mais calor deve ser aplicado a uma borda enquanto os padrões (g) e (h) são úteis quando o calor deve ser aplicado no meio da solda.
Para termos um cordão consistente é essencial que o balanço do movimento de trançagem seja mantido constante. Podemos obter uma solda correta, bem penetrada, sadia e de alta qualidade somente se os movimentos do soldador forem bem controlados em todas as três direções e só se consegue isso através da prática e experiência.

4.7. Posições de Soldagem

Dependendo da posição durante a soldagem, as soldas são classificadas em quatro grupos básicos, isto é, solda plana, horizontal, vertical e sobre cabeça.
De acordo com as normas internacionais a soldagem plana é a solda em qualquer direção em uma superfície horizontal, uma solda horizontal é uma corrida horizontal em uma superfície vertical, uma solda vertical é aquela que é feita verticalmente em uma superfície horizontal e uma solda sobre cabeça é aquela depositada acima da cabeça do soldador. Todas essas posições de soldagem estão mostradas na figura 4.15.

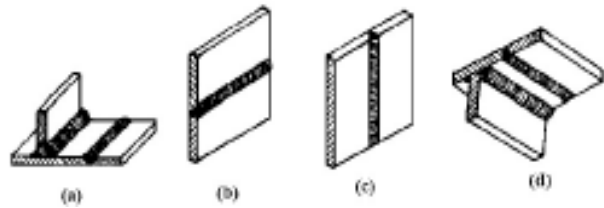



Figura 4.15 - Diferentes posições de soldagem, a) Plana, b) Horizontal, c) Vertical,d) Sobre-cabeça

4.7.1. Soldagem Plana

A soldagem plana é a posição de soldagem mais utilizada. De fato a soldagem que não é feita nesta posição é dita como soldagem fora de posição. Esta posição é a mais popular, pois requer menos habilidade para se produzir boa solda com a máxima penetração. Não há perigo do metal fundido escorrer para fora da poça de fusão. É também conveniente observar o progresso da soldagem nessa posição. A maioria das soldagens em galpão são feitas na posição plana. Dispositivos bem elaborados chamados posicionadores são empregados para girar as peças e trazê-las para a posição de soldagem plana.

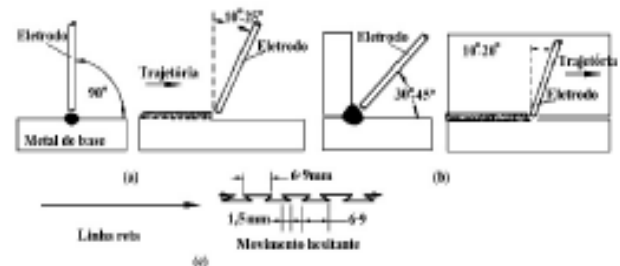



Figura 4.16: Técnicas de soldagem SMAW na posição plana, a) Eletrodo reto, b)Eletrodo inclinado

Não há regra definida para o ângulo ao qual o eletrodo deve ser mantido entretanto é mantido usualmente a 90 graus em relação ao material de base com eletrodo inclinado de 10 a 25 graus na posição de soldagem conforme mostra a figura 4.16 . A seleção deste ângulo depende dos ajustes de tensão e corrente na máquina de solda, e da espessura do material base. O típico movimento do eletrodo na posição plana são ambos os movimentos cordão reto ou cordão trançado conforme mostrado na figura 4.16 c.
Soldagem plana é usada principalmente para soldas de ângulo, de topo e soldas de revestimento.

4.7.1.1. Soldagem Plana para Juntas de Topo

Soldagem de topo quadrada é empregada para espessura de chapa de até 5 mm e o espaçamento de chapas é mantido de 2 a 4 mm.

Um cordão levemente espalhado com boa fusão das faces é depositado ao longo das juntas e a altura do reforço é limitado ao máximo de 2 mm. Se uma corrida de selagem for necessário ser depositado então o trabalho é interrompido o excesso de metal é esmerilhado e a junta completamente limpa com escova de aço antes da soldagem.

Em uma união em V simples com chapa de 6 a 8 mm de espessura, pode ser depositado apenas um cordão simples de solda. Para se conseguir penetração completa é essencial ter fusão total das faces do chanfro. O arco deve ser começado no ponto “S” perto da borda do chanfro e então movido para dentro deste de forma a obter uma boa penetração de raiz da solda. O caminho da soldagem é mostrado na figura 4.17 seguindo as setas.

Figura 4.17: Movimentos do eletrodo numa junta de topo V simples.

Para conseguir uma boa penetração na face do chanfro é essencial manter um movimento lento e uniforme durante a soldagem. Entretanto, enquanto se movimenta de uma face do chanfro à outra, é necessário agilizar a soldagem para evitar queimar o material durante a solda.

Para espessuras de chapa maior que 8 mm é necessário ter mais que uma corrida de solda. O primeiro ou passe de raiz deposita metal até uma altura de 4 a 5 mm com eletrodo de 3,15 a 4 mm de diâmetro. Depois de limpar o passe de raiz, o próximo cordão de solda é feito com eletrodo de 4 a 5 mm de diâmetro. A área da seção transversal, F, do cordão a ser depositado está usualmente relacionada com o diâmetro do eletrodo utilizado.

A figura recomendada para a área da seção transversal do passe de raiz é dado pela relação,

$$F_r = (6 \text{ a } 8).d \qquad (eq.4.4)$$

Para os passes subsequentes a magnitude da área da seção reta pode ser determinada pelo uso da seguinte equação,

$$F_s = (8 \text{ a } 12).d \qquad (eq.4.5)$$

Onde d é o diâmetro do eletrodo em milímetros.

Figura 4.18: Soldagem de topo ou soldagem múltiplos passes.

Em soldagem de múltiplos passes é essencial limpar a escória e os salpicos antes de fazer os passes subsequentes e uma boa penetração das faces do chanfro como mostra a figura 4.18. Após o enchimento do chanfro V o passe de acabamento “ou passe cosmético” é feito para dar uma boa e uniforme aparência com apropriado reforço. Para fazer um passe de selagem o trabalho é parado, o metal de solda é esmerilhado de modo manual ou com uma talhadeira pneumática; limpa com uma escova de aço e um cordão de selagem é depositado. Quando a solda não for acessível pelo lado reverso é imperativo selá-la completamente enquanto se deposita o passe de raiz.

O procedimento de preparação de juntas com chanfros duplo V é o mesmo que os para simples V, entretanto, o trabalho tem que ser parado um número de vezes dependendo da quantidade de corridas se o lado reverso tiver que ser soldado na posição plana.

A preparação de borda duplo V é aplicável às chapas com espessura acima de 12 mm. O chanfro V é enchido com solda múltiplos passes em ambos os lados, sendo que o número de corridas depende da espessura da chapa.

4.7.1.2. Solda Ângulo na Posição Plana

As soldas de ângulo são feitas na posição plana que às vezes são conhecida como solda de posição horizontal. Uma peça é posicionada horizontalmente e a outra perpendicularmente a ela; a solda é depositada na interseção das duas partes - em um lado ou em ambos os lados. Soldas de ângulo apresentam geralmente pouca penetração na raiz da solda e pouca fusão em uma superfície. Na soldagem de ângulo o eletrodo, é igualmente incli-

nado em relação às superfícies horizontal e vertical. Este ângulo, entretanto, pode variar de forma a distribuir o calor nas duas superfícies conforme mostra a figura 4.19 .

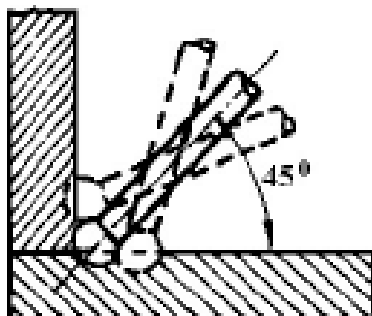



Figura 4.19: Ângulos do eletrodo em soldas de ângulo.

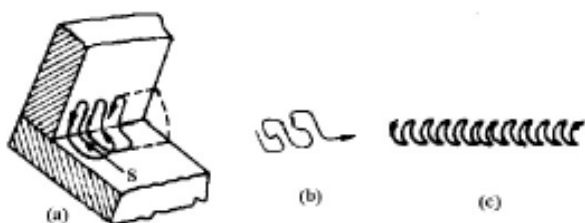



Figura 4.20: Movimentação do eletrodo em soldas de ângulo, (a) Movimento do eletrodo para um único passo, (b,c) movimento do eletrodo para passo de enchimento para múltiplos passos.

Semelhante às soldas de topo, as soldas de ângulo podem ser feitas com passes simples ou múltiplos. Solda de ângulo com comprimento de perna de até 8 mm são usualmente feitas em passe simples. Para iniciar a soldagem de ângulo o arco é riscado na superfície horizontal a uma distância igual a perna do ângulo mais 3 a 4 mm, digamos a um ponto S e o eletrodo então segue o caminho indicado pelas setas na figura 4.20 (a). A solda não deve começar na peça vertical ou no canto, já que isto usualmente faz com que material de base não seja fundido e aparecerá falta de fusão na raiz.

Quando se faz uma solda de ângulo múltiplos passes o primeiro passe é feito com eletrodo de 3,15 mm a 4 mm de diâmetro sem oscilação o que assegura boa penetração na raiz da solda. Para os passes subsequentes o eletrodo é movimentado nos padrões mostrados na figura 4.20 (b) e (c).

4.7.1.3. Soldagem de Enchimento

A soldagem de enchimento consiste em sucessivas camadas superpostas de cordão de solda. È usada na recomposição de peças quebradas ou desgastadas, no reparo de defeitos de usinagem ou para fazer protuberâncias localizadas numa peça, e para enchimento de grandes cavidades quando seções espessas são soldadas. Dependendo do espaço a ser enchido uma soldagem de enchimento pode ser feita em camadas simples ou camadas múltiplas.

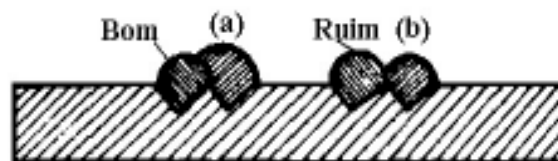



Figura 4.21 Cordões depositados numa soldagem de enchimento.

Para depositar uma solda de enchimento a superfície é completamente limpa antes de depositar o primeiro cordão na borda da superfície usando cordão estreito ou levemente espalhado. Isto é seguido pelos passes subsequentes cuidadosamente estudados para se conseguir uma completa união entre o material base e as corridas precedentes como mostrado na figura 4.21. Se os dois cordões de enchimento adjacentes são separados por uma depressão figura 4.21 (b) - então o enchimento não será contínuo e portanto pode ser insatisfatório. Antes de se depositar o próximo cordão, os cordões já depositados devem ser completamente livres de escoria com ajuda de talhadeira e de uma

escova de aço. No enchimento de múltiplas camadas cada conjunto de cordões de solda que formam uma camada devem ser completamente limpos antes de depositar a próxima camada. Cuidado deve ser tomado na limpeza de cordões depositados com eletrodos que tenham enchimento espesso já que eles produzem mais escória que permanecem grudados nas depressões e nas mordeduras. Depois de completar uma camada de cordão de enchimento a próxima camada de cordões deve ser depositada através da primeira camada para produzir um padrão transversal.

4.7.2. Soldagem Horizontal

A taxa de metal depositado na soldagem horizontal é parecida com depositada na soldagem plana, portanto ela é muito usada. Esta posição de soldagem é encontrada mais comumente na soldagem de vasos de pressão e reservatórios. A preparação da borda é usualmente de chanfro simples. Para evitar que o metal escorra pela borda inferior da chapa, a mesma não é chanfrada. Pela mesma razão a iniciação do arco é feita na borda horizontal da chapa inferior e então movido para a face chanfrada enquanto movimenta o eletrodo para trás conforme mostrado nas posições 1, 2 e 3 na figura 4.22. Em chapas mais grossas do que 8 mm as soldas são depositadas em múltiplos passes. Os movimentos preferidos para os eletrodos na soldagem horizontal são as do tipo C, J, O e trançado. O ângulo do eletrodo com a horizontal está entre 5 e 25 graus com a ponta do eletrodo apontada para cima para reduzir efeito da gravidade no metal fundido, e a inclinação da direção de soldagem é de 10 a 25 graus conforme mostrado na figura 4.23.

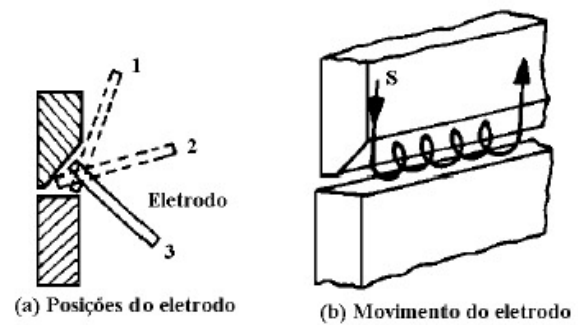



Figura 4.22: Posições de eletrodos e movimentos na soldagem horizontal.

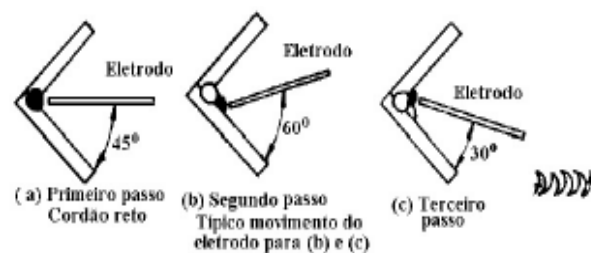



Figura 4.23: Inclinações de eletrodo na soldagem horizontal.

O escorrimento da poça de fusão pode ser evitada mantendo-se o comprimento de arco curto e um rápido movimento de eletrodo maior que na posição plana. O rápido movimento de eletrodo ajuda no rápido resfriamento do metal depositado e isso diminui a chance da poça de fusão cair. Uma soldagem horizontal imprópria leva a mordeduras e superposições conforme mostrado na figura 4.24.

Figura 4.24: Soldagem horizontal inadequada.

4.7.3. Soldagem Vertical

Soldagem vertical tem duas variantes exemplo: vertical ascendente e vertical descendente. A soldagem vertical ascendente devido ao fato que ela permite que o calor penetre profundamente resultando em penetrações profundas da solda. Ela

também produz soldas mais fortes e portanto é a preferida quando a maior consideração é a resistência. A soldagem vertical descendente é usada nas operações de selagem e soldagem de chapas finas.

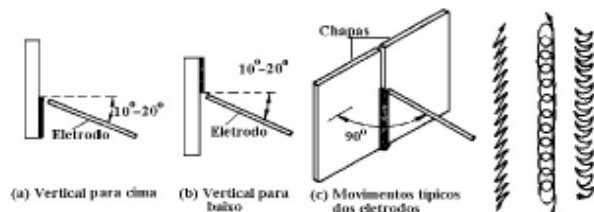



Figura 4.25: Inclinação do eletrodo na soldagem vertical.

Soldas verticais de topo com preparação de borda V simples ou duplo V, bem como soldagens verticais de ângulo são feitas do mesmo jeito que as soldas planas. Na soldagem vertical é boa prática não usar eletrodos maiores que 4 mm de diâmetro já que com eletrodos com diâmetro maior é mais difícil evitar que a poça de fusão escorra para baixo. Para se opor à força da gravidade o eletrodo é inclinado para baixo de um ângulo de 10 a 20 graus, como mostra a figura 4.25 . Isto obviamente torna mais fácil o acesso ao progresso da soldagem na posição vertical ascendente.

Soldagem vertical é simplesmente a deposição de uma poça de solda diretamente sobre a próxima poça que é melhor conseguida no modo curto-circuito como transferência de metal, portanto, é imperativo manter o comprimento de arco bem curto. Os movimentos típicos de eletrodo são o oval, o C com oscilação nos terminais do C, ou movimento trançado. Os maiores movimentos a serem evitados no movimento dos eletrodos são: a extinção do arco, a perda da coluna do arco e o reacendimento sem limpeza do material de solda. Os movimentos oscilatórios que são usados na soldagem vertical ascendente podem também ser aplicados na soldagem vertical descendente. O maior problema na soldagem vertical descendente é o fato que a escória geralmente corre na frente da poça de fusão e nela fica aprisiona. Isto também resulta em pouca penetração. A soldagem vertical descendente deve, entretanto, dever ser evitada quando objetivo principal é a resistência da solda. Em soldagem vertical múltiplos passes é comum depositar-se o passo de raiz por soldagem vertical descendente seguido da soldagem vertical ascendente para os passos subsequentes.

Soldagem é extensivamente usada na soldagem de tanques de armazenamento, tubulações e reservatórios.

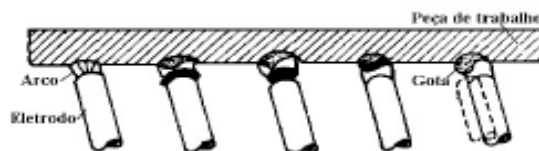



Figura 4.26: Transferência de metal na soldagem sobre cabeça

4.7.4. Soldagem Sobre Cabeça

A soldagem sobre cabeça não é somente a mais difícil de se conseguir devido a poça de fusão estar na posição de cabeça para baixo e o metal tende constantemente a cair mas também a mais perigosa devido ao centelhamento e aos respingos. Para uma soldagem sobre cabeça bem sucedida é entretanto essencial usar um arco muito curto no modo de transferência de metal curto-circuito conforme mostrado na figura 4.26. Para manter a poça de solda pequena, os eletrodos empregados na soldagem sobre cabeça não tem mais que 3,15 mm de diâmetro. O eletrodo deve ser movimentado de 10 a 25 graus na direção da solda com rápida manipulação do eletrodo para provocar uma rápida solidificação do metal depositado. Os movimentos do eletrodo comumente utilizados na soldagem sobre cabeça incluem oval, trançado e zig-zag conforme mostra a figura 4.27.

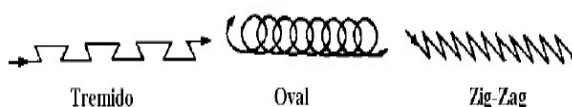



Figura 4.27: Movimentos típicos de eletrodo na soldagem sobre cabeça

É uma boa prática usar eletrodos com revestimento básico na soldagem sobre cabeça. Este tipo de revestimento se funde a uma taxa mais baixa do que a alma do eletrodo e portanto provê uma barreira protetora ao metal fundido a ser projetado na poça de fusão; isto também resulta em menos salpico. A corrente usada na soldagem sobre cabeça é 20 a 25% mais baixa do que na soldagem plana. Também é recomendado que o soldador deva jo-

gar o cabo do eletrodo sobre seus ombros para evitar a puxada para baixo do peso do cabo. Isto também reduz a fadiga do braço e da mão já que desta forma o peso do cabo está suportado pelos ombros.

4.8.Fontes de energia para soldagem a arco

A corrente que alimenta o arco elétrico provem de uma fonte geradora, podendo ser corrente contínua ou corrente alternada. Os aparelhos que servem de fonte dividem-se em três categorias:

- Máquinas de corrente contínua: grupos rotativos, grupos eletrógenos, retificadores.
- Máquinas de corrente alternada: transformadores e conversores de freqüência.
- Máquinas mistas: transformadores/retificadores.

4.8.1.Vantagens da corrente Alternada

a. A corrente alternada não é sensível ao fenômeno do sopro magnético (fenômeno do desvio do arco devido a campos magnéticos que atravessam a peça).
b. Maior velocidade de solda (devido possivelmente à inversão do sentido da corrente a todo instante).
c. As máquinas de soldagem em corrente alternada são de menor tamanho, custo e peso que as de corrente contínua, além de exigirem menor manutenção.
d. Maior refinamento no metal depositado, devido agitação do banho de fusão.

4.8.2.Vantagens da corrente Contínua

a. Permite utilização de eletrodo com elementos pouco ionizantes no revestimento. Melhor uso de eletrodos para ferro fundidos e aços inoxidáveis.
b. Mais recomendada para a soldagem de chapas finas e soldagem fora da posição.
c. A mudança de polaridade permite modificar certas características do depósito, como por exemplo a penetração.
d. A corrente contínua é independente de circuitos elétricos, pois pode ser gerada pelos grupos eletrógenos.

4.9.Funções do revestimento do eletrodo

Os eletrodos revestidos são constituídos por uma alma metálica cercada por um revestimento composto de matérias orgânicas e ou minerais de dosagem bem definida.

Os vários materiais que compõe o revestimento entram na forma de pó, com exceção do aglomerante que é geralmente silicato de sódio ou potássio. O revestimento é composto por elementos de liga e desoxidantes tais como ferro cromo, ferro manganês, etc.., estabilizadores de arco formadores de escória e materiais fundentes (asbesto, feldspato, ilmenita, óxido de ferro, mica, talco, rutilo, etc..) e materiais que formam uma atmosfera protetora (dolomita, carbonato de ferro, celulose, etc..).

A princípio, as funções básicas do revestimento são:

a. Proteger o arco contra o Oxigênio e Nitrogênio do ar, através dos gases gerados pela decomposição do revestimento em alta temperatura.
b. Reduzir a velocidade de solidificação, proteger contra a ação da atmosfera e permitir a desgazeificação do metal de solda através da escória.
c. Facilitar a abertura e estabilizar o arco.
d. Introduzir elementos de liga no material depositado e desoxidar o metal de solda.
e. Facilitar a soldagem nas diversas posições de trabalho.
f. Servir de guia às gotas em fusão em direção ao banho.
g. Constituir-se em isolante elétrico na soldagem em chanfros estreitos ou de difícil acesso.

4.9.1.Tipos de Revestimento

Em função de sua formulação e do caráter da escória, os revestimentos dos eletrodos podem ser classificados em diferentes tipos. Essa classificação varia bastante, de acordo com os diferentes autores e da norma utilizada; utilizaremos a classificação dos tipos de revestimento abaixo:

- **revestimento oxidante:** são os eletrodos que contém no revestimento uma grande quantidade de óxido de ferro, com ou sem óxido de manganês, dando uma escória oxidante, abundante e que se remove com facilidade, e

um metal depositado com baixa penetração e baixas propriedades mecânicas; hoje em dia este tipo de eletrodo já está superados pelos eletrodos rutílicos.

- **revestimento básico:** estes eletrodos tem um revestimento com altas quantidades de carbonato de cálcio, que lhe confere uma escória de caráter básico, pouco abundante e de rápida solidificação. A penetração é média, porém o metal depositado é de elevada pureza, com baixo teor de Enxofre e com valores baixos de Hidrogênio (causadores de trincas de solidificação e de trincas a frio respectivamente), apresentando ainda elevada resistência mecânica e resistência à fadiga. O grande perigo para este tipo de eletrodo é sua alta higroscopicidade, que poderá ocasionar porosidade e trincamento no cordão no caso de umidade, exigindo portanto grande cuidado na armazenagem.
- **revestimento ácido:** o revestimento é a base de óxido de ferro e óxido de manganês ou de titânio ou de silício. A escória é de caráter ácido, abundante, leve e que se destaca com facilidade; a penetração é razoavelmente boa, a taxa de fusão é elevada, o que limita portanto a posição de soldagem à condição de plana e horizontal. É necessário que o metal de base tenha baixo teor de Carbono e impurezas a fim de evitar trincamento de solidificação.
- revestimento rutílico: são eletrodos com grande quantidade de rutilo (TiO2) no revestimento, gerando uma escória abundante, leve e de fácil remoção. A taxa de deposição é elevada, o eletrodo é soldável em todas as posições e a penetração é media; as propriedades mecânicas do metal depositado são boas, porém são exigidos os mesmos cuidados que os eletrodos de revestimento ácido no que diz respeito ao metal base.
- **revestimento celulósico:** estes eletrodos possuem revestimento com alto teor de materiais orgânicos combustíveis, os quais geram um invólucro de gases protetores quando se decompõem no arco. A escória é pouco abundante, de média dificuldade de remoção, porém o arco é de alta penetração, que é sua característica mais importante. O cordão de solda possui um aspecto bastante medíocre e a perda por respingo é elevada, porém as propriedades mecânicas são bastante boas, com o eletrodo apresentando soldabilidade em todas as posições.

Obs.: É muito comum a utilização de pó de ferro incorporados aos diversos tipos de revestimento, objetivando um aumento no rendimento de metal depositado em relação ao tempo de soldagem. Isto permite um aumento na taxa de deposição do eletrodo, ao mesmo tempo que permite um aumento na corrente de soldagem, pois a adição de pó de ferro torna o revestimento mais resistente à ação do calor; ao mesmo tempo isto dificulta a soldagem fora da posição plana, devido ao maior volume de líquido desenvolvido na poça de fusão.

4.10.Classificação dos eletrodos revestidos conforme AWS

Os eletrodos são classificados com base nas propriedades mecânicas e na composição química do metal depositado, no tipo de revestimento, posição de soldagem e tipo de corrente. A classificação da AWS (American Welding Society) utiliza uma série de números e letras que fornecem várias informações a respeito do eletrodo, conforme procedimento abaixo.

Para os eletrodos de aço carbono e aços de baixa liga, a classificação utiliza 4 ou 5 algarismos precedidos da letra E, onde E significa eletrodo. Os primeiros dois (ou três) algarismos se referem à tração mínima exigida e é dado em mil libras por polegada quadrada (ksi). O terceiro (ou quarto) algarismo se refere à posição de soldagem, e o próximo algarismo, que é o último para os eletrodos de aço carbono indica o tipo de revestimento, corrente e polaridade.

Para os aços de baixa liga, a classificação AWS coloca após o último algarismo um hífen, seguido de um conjunto de letras e números, indicando classes de composição química, relativas aos diversos tipos de ligas.

ÚLTIMO ALGARISMO

Eletrodo	Tipo de Revestimento	Corrente
EXXX10	Celulósico (Sódio)	CC+
EXXX20	Ácido	CC-
EXXXX1	Celulósico (Potássio)	CC+,CA
EXXXX2	Rutílico (Sódio)	CC-,CA
EXXXX3	Rutílico (Potássio)	CC+,CC-,CA
EXXXX4	Rutílico (Pó de Ferro)	CC+,CC-,CA
EXXXX5	Básico (Sódio)	CC+
EXXXX6	Básico (Potássio)	CC+,CA
EXXXX7	Ácido (Pó de Ferro)	CC-,CA
EXXXX8	Básico (Pó de Ferro)	CC+,CA

PENÚLTIMO ALGARISMO

POSIÇÕES DE SOLDAGEM

1- Todas
2- Plana e horizontal
3- Plana

CÓDIGOS DE COMPOSIÇÃO QUÍMICA (válido para aços ligas):

Códigos	Significado
A1	Eletrodo de aço carbono-molibidênio (0.40-0.65% Mo)
B1	Eletrodo de aço cromo-molibidênio (0.40-0.65% Cr e Mo)
B2	Eletrodo de aço cromo-molibidênio (1.00-1.50% Cr e 0.4-0.65 Mo)
B2L	Idem ao acima, com baixo teor de Carbono (0.005%)
B3	Eletrodo de aço cromo-molibidênio (2.5% Cr e 1% Mo)
B4L	Eletrodo de aço cromo-molibidênio (2.25% Cr e 0.65 Mo, baixo Carbono)
B5	Eletrodo de aço cromo-molibidênio (0.6% Cr e 1.25% Mo, traços V)
C1	Eletrodo de aço Níquel (2.00-2.75% Ni)
C2	Eletrodo de aço Níquel (3.00-3.75% Ni)
C3	Eletrodo de aço Níquel (1.10% Ni, Cr<0.15%, Mo<0.35%, V<0.05%)
D1	Eletrodo de aço manganês-molibidênio (1.75% Mn e 0.45% Mo)
D2	Eletrodo de aço manganês-molibidênio (2.00% Mn e 0.45% Mo)
G	Outros tipos de eletrodos de aço baixa liga
M	Especificações militares americanas

ESPECIFICAÇÕES MAIS IMPORTANTES

AWS A 5.1- Eletrodos revestidos para soldagem de aço carbono
AWS A 5.5- Eletrodos revestidos para soldagem de aço carbono e baixa liga
AWS A 5.4- Eletrodos revestidos para soldagem de aço inoxidável
AWS A 5.6- Eletrodos revestidos para soldagem de cobre e suas ligas
AWS A 5.11- Eletrodos revestidos para soldagem de Níquel e suas ligas
AWS A 5.13- Eletrodos e varetas para revestimento por soldagem